



Aplicación y uso de la espectrometría de infrarrojo de campo abierto (OP-FTIR) para la monitorización de contaminantes atmosféricos

P.A. Hernández¹, R.N. Lima¹, D. Nolasco¹, J.M.L. Salazar¹, N.M. Pérez¹, S. Briz², S. Dionis³, D. de la Rosa³, A. Mena³, y J.A. Navalón⁴

(1) División de Medio Ambiente – ITER

(2) Facultad de Ciencias - **Universidad Europea CEES**

(3) Facultad de Químicas - **Universidad de La Laguna**

(4) Facultad de Químicas - **Universidad de Valencia**

La espectroscopía de absorción infrarroja de campo abierto (OP-FTIR) se ha aplicado en los últimos años en la medida de componentes traza y contaminantes en la atmósfera procedentes tanto de fuentes naturales como antropogénicas. Con la finalidad de evaluar la emisión de gases contaminantes asociada tanto a la producción de biogas por vertederos como al tráfico rodado, en Julio de 2003 se realizó un estudio preliminar consistente en la medida tanto espectral como radiométrica de gases en el ambiente atmosférico del vertedero de Arico y de la autopista Norte Santa Cruz-La Laguna, en Tenerife. Los resultados reflejaron valores medios de metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) y acetileno (C₂H₂) superiores a los estimados para la troposfera, indicando que tanto los vertederos como el tráfico rodado son importantes fuentes de contaminación atmosférica en la isla de Tenerife.

1. Introducción

La técnica OP-FTIR ha adquirido durante los últimos años una mayor importancia en la detección remota de contaminantes atmosféricos (Hammaker et al., 1993; Schäfer et al., 1995). Los vertederos, áreas industriales y las emisiones procedentes de fuentes móviles son los principales generadores de contaminantes atmosféricos entre los que destacamos el CO₂, CO, CH₄, óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) (Bishop et al., 1990; Finlayson-Pitts and Pitts, 2000; Lima et al., 2002). La importancia de monitorizar gases como el CO es vital, ya que dosis superiores a 750 ppmV pueden causar la muerte. Los NO_x y los hidrocarburos no son peligrosos en sí, aunque contribuyen por la acción conjunta con la radiación solar a la formación de ozono y smog fotoquímico. Para realizar la medida de estos compuestos por OP-FTIR, es muy importante contar con un espectrorradiómetro muy estable con alta sensibilidad de modo que los compuestos de interés sean fácilmente identificados y cuantificados. La característica y acusada banda de absorción que presentan los hidrocarburos en torno a 2950 cm⁻¹ queda libre de interferencia con otros gases como el H₂O, lo que convierte al FTIR en una técnica muy útil en su cuantificación. El instrumento usado en este trabajo fue un espectrorradiómetro de campo MIDAC modelo 2402. El objetivo de este trabajo es la caracterización espectral y radiométrica de gases producidos por el vertedero de Arico y del tráfico rodado de la autopista Norte Santa Cruz-La Laguna, en Tenerife.

2. Metodología

Las medidas de OP-FTIR requieren de un espectro de referencia del fondo infrarrojo presente en el campo de visión del espectrorradiómetro para poder restar el fondo al espectro de medida. El espectro de referencia es un perfil de emisión al que contribuyen las fuentes de emisión infrarroja, la atmósfera y la respuesta instrumental del espectrorradiómetro. Los espectros de medida y referencia se obtuvieron con un espectrorradiómetro MIDAC, consistente en la combinación de un interferómetro Michelson MIDAC y un detector de InSb enfriado con nitrógeno líquido con una respuesta de medida entre 10000 y 1500 cm⁻¹. El instrumento presenta una resolución de 0.5 cm⁻¹ y una exactitud de 0.01



cm-1. Tanto la unidad óptica como la fuente de IR se colocaron sobre dos trípodes durante las medidas, y separados por una distancia de aproximadamente 100m. El haz de infrarrojo generado por un filamento de carburo de silicio a 1650K era alineado manualmente con el espectrorradiómetro, hasta conseguir el máximo de transmitancia. Los espectros de referencia fueron obtenidos siempre antes de realizar las medidas. La medida del espectro de referencia para el vertedero de Arico se realizó a lo largo de un transecto NS localizado en el margen este y con viento débil en dirección NO para evitar la contaminación de la muestra. El espectro de referencia para las medidas realizadas en la autopista se obtuvo a lo largo de un transecto perpendicular a la misma y alejado unos 100 m. La adquisición de los datos fue realizada con el programa AutoQuant versión Pro. En este estudio se seleccionaron dos fuentes de contaminantes muy concretos de la isla de Tenerife: (a) el vertedero de Arico y (b) un tramo de la autopista Norte Santa Cruz-La Laguna. La concentración de cada gas se calculó utilizando los espectros de referencia de Midac.

3. Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos en el vertedero de Arico y en la autopista Norte Sta Cruz-La Laguna se exponen en la Tabla 1. Las concentraciones se expresan en ppm a 1 atm y 24 °C. Estos valores corresponden a la diferencia absoluta entre la medida radiométrica de la muestra y la de referencia (aire limpio). Tanto los compuestos medidos como sus concentraciones difieren en ambos puntos de medida. En general, los valores medidos en el vertedero son mayores que los obtenidos en la autopista excepto en el CO. Las medidas realizadas en el vertedero indican la existencia predominante de CH₄, CO y compuestos orgánicos volátiles en el ambiente atmosférico. Los vertederos son potentes reactores químicos en los que la descomposición de la materia orgánica es la responsable de la emisión de numerosos contaminantes gaseosos como CH₄ (40-60% del total), CO₂, H₂ y compuestos orgánicos volátiles (Stegmann, R., and Rettenberger, 1991).

Tabla 1. Concentraciones (ppm) y estadística descriptiva de los resultados obtenidos para los compuestos medidos por FTIR en el vertedero de Arico y la autopista Sata Cruz – La Laguna, Tenerife, Julio 2003

Compuesto	Vertedero Arico				Autopista Norte Sta Cruz – La Laguna			
	Media	Min	Máx	Desv. Estd	Media	Min	Máx	Desv. Estd
Monóxido Carbono	0.684	0.519	0.869	0.115	0.747	0.588	0.872	0.103
Metano (CH ₄)	0.320	0.199	0.417	0.074	nd	nd	nd	nd
Acetileno (C ₂ H ₂)	0.645	0.353	0.985	0.236	0.457	0.264	0.669	0.143

Nd = no detectado

Respecto a los resultados obtenidos en la autopista, cabe reseñar que solamente se detectaron dos compuestos, CO y C₂H₂. La aparición de compuestos orgánicos como el CO y el C₂H₂ en el ambiente atmosférico de las ciudades se deben en un 95-98% a la actividad antropogénica, y más concretamente de la combustión incompleta en vehículos. El valor medio de CO troposférico aceptado para el hemisferio Norte (45° S) es de 60 ppb ±40%. Teniendo en cuenta que las medidas se realizaron un día sábado al mediodía, cabe esperar que durante los días laborables los niveles de emisión de estos compuestos sean superiores a los medidos en este estudio, tal y como se ha observado en otros lugares como Ciudad de México (Grutter, 2003).

Los valores medidos durante este trabajo se encuentran muy por debajo de los observados en las mayores ciudades británicas, con valores medios entre 2 y 10 ppm de CO (Maynard, R. L., and Waller, 1990).

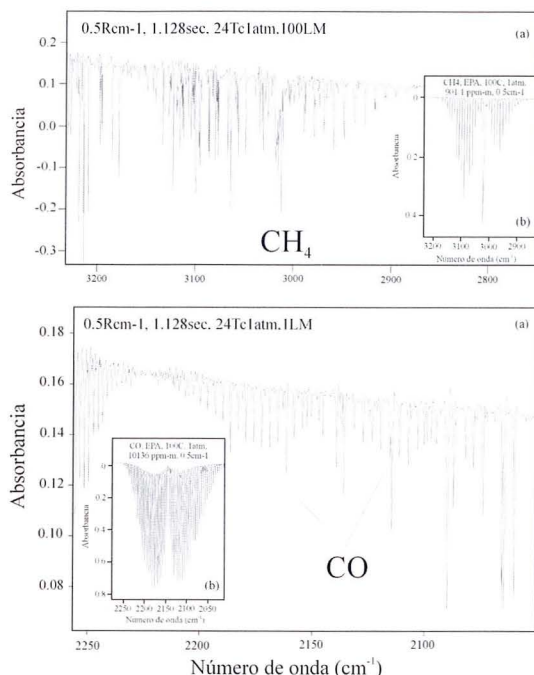


Figura 2. (a) Espectro de absorbancia experimental del CO procedente del tráfico rodado en la autopista Santa Cruz–La Laguna, Julio 2003. (b) Espectro de absorbancia del CO puro (MIDAC Corp.).

Las perspectivas futuras de este trabajo son optimizar los cálculos sobre la emisión de contaminantes por tráfico rodado y de biogases por vertederos en la isla de Tenerife.

4. Referencias

- Bishop, G.A., and Stedman, D.H., 1990. On-road monoxide emission measurement comparisons for the 1988-1989 Colorado oxy-fuels Program. *Environm. Sci. Technol.*, 24, 843-847.
- Finlayson-Pits, B.J., and Pitts, J.N. 2000. *Chemistry of the upper and lower atmosphere*, Academic Press, San Diego, California.
- Grutter, M., 2003. Multi-Gas analysis of ambient air using FTIR spectroscopy in México City. *Atmósfera* 16, 1-13.
- Hammaker, R.M., Fateley, W.G., Chaffin, C.T., Marshall, T.C., Tucker, M.D., Makepeace, V.D., and Poholarz, J.M. 1993. *Appl. Spectrosc.*, 47, 1471.
- Lima, R.N., Nolasco, D., Salazar, J.M.L. Hernández, P.A. y Pérez, N.M. 2002. Dynamics of non-controlled emission of biogas from landfills. *Proceedings of the First International Conference on Waste Management and the Environment 2002*, pp. 469-478.
- Maynard, R. L., and Waller, R. 1990. Carbon monoxide. In: *Air pollution and health*, Academic Press Eds., pp. 749-797.
- Schäfer, K., Haus, R., Heland, J., and Haak, A., 1995. Measurements of atmospheric trace gases by emission and absorption spectroscopy with FTIR. *Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie. Umweltforschung*, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland. 99, 405-411.
- Stegmann, R., and Rettenberger, G., Gas Composition: Main and Trace components. *Landfill. Proc. 3d. Int. Symp. Cagliari, Italy, Oct. Publ. By and to be obtnd from CISA (Centro di Ingegneria Sanitaria Ambientale). Address CISA: Via Marengo, 34, I-09123 Cagliari, Italy, 1991.*